

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Porovnání elektrického a vodního podlahového vytápění

Comparison of Electric and Water Underfloor Heating

Student:

Jan Bortlíček

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Matoušek, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Bortlíček**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **3904R016 Technika tvorby a ochrany životního prostředí**
Téma: **Porovnání elektrického a vodního podlahového vytápění**
Comparison of Electric and Water Underfloor Heating

Zásady pro vypracování:

1. Provedte výpočet tepelné ztráty objektu dle projektové dokumentace.
2. Na základě výpočtu tepelné ztráty objektu srovnajte vodní a elektrické podlahové vytápění.
3. Provedte ekonomické zhodnocení investice s ohledem na současné ceny energií.

Seznam doporučené odborné literatury:

PETRÁŠ, D., KOUDELKOVÁ, D. Teplovodní a elektrické podlahové vytápění, Jaga Group, Bratislava 2004.
TOMAN, Z., BÁLEK, S., KLEČKOVÁ, Z. Tepelně technické výpočty. VŠB-TU Ostrava, HGF. Ostrava 1983.
CIHELKA, J. Vytápění, větrání, klimatizace.
RAŽNJEVIČ, K. Termodynamické tabulky. Alfa, 1983.
ČSN 06 06 10 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění.
ČSN 73 05 42 Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov – vlastnosti materiálů a konstrukcí.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Matoušek, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.

- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).

- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce.

- souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

Podpis studenta

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

BORTLÍČEK, J. *Porovnání elektrického a vodního podlahového vytápění: bakalářská práce*. OSTRAVA: VŠB- Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2014, 50 str., Vedoucí práce: Ing. Jan Matoušek, Ph. D.

Má bakalářská práce se zabývá porovnáním teplovodního a elektrického podlahového vytápění. Na úvod práce jsem zmínil co podlahové vytápění je, jaké má vlastnosti a hlavní přednosti. V další části je výpočet tepelných ztrát spodního patra rodinného domu a návrh různých zdrojů vytápění. Poslední částí je ekonomické zhodnocení jednotlivých zdrojů vytápění.

Cílem práce bylo zvolit nejvýhodnější systém podlahového vytápění pro mnou zvolený objekt.

Klíčová slova: Podlahové vytápění, tepelné ztráty, úspora energie.

ANNOTATION OD BACHELOR DISSERTATION

BORTLÍČEK, J. *Comparsion of electric and water underfloor rating: Bachelor thesis*. Ostrava: VŠB- Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of energy engineering, 2014, 50 number of pages. Supervisor: Ing. Jan Matoušek, Ph. D.

My bachelor thesis deals with comparison of hot-water and electric floor heating. In the introduction of my thesis I mentioned what the floor heating is, what are its features and the main advantages. In the next part, there is a calculation of total heat loss of the lower storey of the detached house and the proposal of the different heating sources. Last part includes economical evaluation of each of the heating sources.

The purpose of this thesis was to choose the most advantageous system of floor heating for the house I have chosen.

Key words: Underfloor heating, total heat losses, saving of energy.

Obsah

1	Úvod.....	6
2	Podlahové vytápění	7
2.1	Druhy podlahových vytápěcích soustav	7
2.1.1	Konvekční podlahové soustavy.....	8
2.1.2	Sálavé podlahové soustavy	8
3	Teplovodní podlahové vytápění	10
3.1	Způsoby provedení	10
3.2	Suchý způsob.....	10
3.3	Mokrý způsob	12
3.4	Uložení topného potrubí	13
3.5	Základní trubní materiály	14
3.6	Volba podlahové krytiny	15
3.7	Zkoušky podlahového vytápění.....	15
4	Elektrické podlahové vytápění	17
4.1	Dělení podle akumulčních schopností	17
4.1.1	Akumulační vytápění	17
4.1.2	Poloakumulační vytápění	18
4.1.3	Přímotopné vytápění	19
4.2	Dělení podle otopných prvků	19
4.2.1	Topné rohože.....	19
4.2.2	Topné fólie	20
4.2.3	Topné kabely	20
5	Tepelná ztráta budovy.....	22
5.1	Výpočet celkové tepelné ztráty	22
5.2	Tepelná ztráta prostupem tepla.....	22

5.3	Tepelná ztráta prostoru větráním	24
6	Výpočet celkové tepelné ztráty objektu	26
6.1	Popis rodinného domu	26
6.2	Půdorys rodinného domu	26
6.3	Charakteristika jednotlivých vytápěných místností	27
6.4	Výpočet tepelných ztrát zvolené místnosti	28
6.5	Výpočet součinitele prostupu tepla pro obvodovou zeď	28
6.6	Výpočet součinitele prostupu tepla pro stropní konstrukci	29
6.7	Výpočet součinitele prostupu tepla pro podlahu	30
6.8	Výpočet základní tepelné ztráty	31
6.9	Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla	31
6.10	Výpočet tepelné ztráty větráním	32
6.11	Výpočet celkové tepelné ztráty zvolené místnosti	32
6.12	Celkový výpočet tepelné ztráty prostupem tepla pro spodní patro rodinného domku	33
6.13	Celkový výpočet tepelné ztráty větráním pro spodní patro rodinného domku	34
6.14	Celková tepelná ztráta přízemí rodinného domku	34
7	Návrh vytápění	35
7.1	Výpočet potřeby tepla za otopné období	35
7.2	Návrh elektrického vytápění	36
7.2.1	Množství spotřebované energie na elektrické vytápění	37
7.3	Návrh teplovodního podlahového vytápění	37
7.3.1	Zdroj tepla pro teplovodní vytápění	38
7.3.2	Množství spotřebované energie na teplovodní vytápění	38
8	Ekonomické zhodnocení investice	39
8.1	Pořizovací náklady na výstavbu otopné plochy	39
8.2	Spotřeba energie za vytápěcí období	40

8.3	Náklady na provoz za vytápěcí období	40
8.3.1	Náklady na vytápění elektřinou	40
8.3.2	Náklady na vytápění zemním plynem	41
8.4	Porovnání celkových investic	41
9	Závěr	42
10	Seznam použité literatury	43
11	Seznam příloh	45

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

B	charakteristické číslo budovy	[Pa ^{0,67}]
C	cena za roční spotřebu tepla	[Kč]
D	vytápěcí denostupně,	[k·dny]
E _p	dodávka energie	[kWh]
L	délka spár u oken a dveří	[m]
M	charakteristické číslo místnosti	[-]
Q _C	celková tepelná ztráta	[W]
Q _P	tepelné ztráta prostupem tepla	[W]
Q _V	tepelné ztráty větráním	[W]
Q _{VYT,r}	potřeba tepla za celé vytápěcí období	[KWh]
Q _Z	snížená hodnota o trvalé tepelné zisky	[W]
V _v	objemový tok vzduchu	[m ³ ·s]
c	cena za kWh dodané energie	[Kč]
d _o	doba vytápěcího období	[den]
e	poměrná potřeba tepla od počátku vytápěcího období	[-]
e _i	nesoučasnost tepelné ztráty	[-]
e _d	zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu	[-]
e _t	snížení teploty v místnosti během dne respektive noci	[-]
i _{LV}	součinitel spárové provzdušnosti	[m ³ · s ⁻¹ · Pa ^{-0,67}]
k _i -k _n	součinitel prostupu tepla	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
l	tloušťka vrstvy	[m]
m _p	měsíční platba	[Kč]
s _i -s _n	plocha ochlazované části konstrukce	[m ²]
p ₁	přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	[-]
p ₂	přirážka na urychlení zátopy	[-]
p ₃	přirážka na světovou stranu	[-]
t _i	vnitřní výpočtová teplota	[°C]
t _{el} , t _{en}	venkovní výpočtová teplota	[°C]
Δt	rozdíl teplot	[°C]
α _i	součinitel přestupu tepla	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
λ	součinitel tepelné vodivosti	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
ε	opravný součinitel	[-]

η	účinnost zařízení	[-]
$\sum S$	celková plocha konstrukcí ohraničujících místnost	[m ²]

1 Úvod

V bakalářské práci jsem se věnoval návrhem podlahového vytápění do spodního patra rodinného domku. Mým hlavním úkolem bylo zjistit, které ze základních systémů podlahového vytápění (teplovodního a elektrického) bude výhodnější, jak z hlediska finančního, tak z hlediska provedení. Musel jsem provést výpočet tepelných ztrát spodního patra rodinného domku a následně navrhnout jednotlivé systémy podlahového vytápění. Na závěr bakalářské práce jsem provedl ekonomické zhodnocení investice s ohledem na současné ceny energií.

Toto téma bakalářské práce jsem si vybral, protože se domnívám, že podlahový systém vytápění je nejlepší volbou pro vytápění rodinných domů. Tento systém vytápění se hodí do objektů, které se vyznačují nízkou spotřebou tepla pro pokrytí tepelných ztrát. S ohledem na současné ceny energií je velice důležité myslet do budoucna a tím spojené finanční náklady. Podlahové vytápění má oproti jiným otopným systémům roční úsporu energie až 20 %, což může být v nákladech rodinného rozpočtu znát.

Důležitým faktorem, proč jsem se tímto tématem zabýval, je mimo jiné také plánovaná rekonstrukce rodinného domu, ve kterém bydlím.

2 Podlahové vytápění

Podlahové vytápění znali již Římané. Ti ho začali používat už v 1. století našeho letopočtu. Vytápěli tak své pověstné lázně, ale s nimi vytápěli svá obydlí.

U podlahového vytápění, se teplo dostává do vytápěné místnosti z podlahy. Celá topná část vytápěcí soustavy je zabudovaná v podlaze. Jedním z hlavních argumentů proč si vybrat podlahové vytápění je, že náklady na vytápění jsou s porovnáním jiných vytápěcích soustav daleko nižší. Uvádí se, že to je až okolo 10-20% za rok. Dalším argumentem pro podlahové vytápění je fakt, že pro dosažení správné tepelné pohody v obytných místnostech je potřeba teplota o 2 až 4 °C nižší, než je tomu například u radiátorových soustav. [1]

Jelikož se teplo předává do místnosti podlahou, je důležité udržovat teplotu podlahy tak, aby nepřekračovala maximální povolenou hodnotu. Povrchové teploty podlahy v různých druzích místností jsou uvedeny v tabulce 2.1.

Druh místnosti	Povrchová teplota podlahy
Koupelna	29 °C
Obytná	33°C
Okolí bazénu	35°C

Tabulka 1- Maximální povrchová teplota podlahy

Hodnoty nejvyšších teplot podlahy byly převzaty z normy ČSN EN 1264 „Návrhy teplovodního podlahového vytápění“. Jako nášlapná vrstva se používá takový materiál, aby byl co nejehospodárnější na provoz. Z tohoto důvodu se používá materiál, který velmi dobře propouští teplo. Používaných materiálů je mnoho. Nejpoužívanější a nejvhodnější jsou dlažby a speciální koberce. [1]

2.1 Druhy podlahových vytápěcích soustav

Každá vytápěcí soustava má své charakteristické znaky. Jedny z nejdůležitějších znaků jsou předávání tepla, velikost otopné plochy a teplota vody, která proudí v trubkách. Podle způsobu předávání tepla se podlahové vytápěcí soustavy dělí na dvě skupiny: konvekční a sálavé.

2.1.1 Konvekční podlahové soustavy

Konvekční soustavou se teplo předává do vytápěné místnosti prouděním. Skládá se z otopného tělesa nebo podlahového konvektoru, které jsou zabudovány v podlaze. Ukládají se do nerezových žlabů, nejsou tedy zabetonovány do podlahy, jak je tomu u sálavých soustav. V minulosti se konvekční podlahové vytápění používalo jen minimálně. Nyní se používá stále častěji a instaluje se do rodinných domů, obchodů, ale také do drobných provozoven. Většina nevýhod je podobná jako u klasických vytápěcích soustav, ale nezabírají prostor v místnosti. [5]



Obr. 2.1 Konvekční podlahové vytápění

2.1.2 Sálavé podlahové soustavy

Sálavou soustavou se teplo předává do vytápěné místnosti sáláním. Tato soustava se rozděluje na teplovodní a elektrické provedení. U teplovodního jsou v podlaze zabetonovány trubky s teplou vodou. U elektrického provedení se do betonu zalijí topné rohože, kabely nebo fólie. Zásadní rozdíl mezi těmito způsoby je ve zdroji tepla, který dodává teplo do místnosti. Zdrojem tepla u teplovodní sálavé soustavy může být elektrický kotel, plynový kotel nebo kotel na tuhá paliva. Stále používanější je využívání některých obnovitelných zdrojů energie, jako jsou tepelná čerpadla nebo solární panely. Dalšími prvky, které patří k teplovodní soustavě, jsou rozvaděče tepla, trubní rozvody, čerpadlo, expanzní nádoba atd. Palivem může být elektrická energie, zemní plyn, případně tuhá paliva.



Obr. 2.2 Sálavé podlahové vytápění s teplovodními trubkami

Elektrické podlahové vytápění zahrnuje topné rohože nebo topné pásy. Obojí je sestaveno z elektrických odporových topných drátů, které jsou vyrobeny z mědi. Elektrická soustava dále zahrnuje připojovací kabel na napětí 230 V, rozvaděč s pojistkami a kabel s teplotní podlahovou sondou. Velmi důležité je mít při budování elektrického vytápění dostatečně dimenzovanou elektrickou přípojku a rozvody. [1]

3 Teplovodní podlahové vytápění

Teplovodní podlahové vytápění patří mezi sálavé otopné soustavy. Jedná se o tzv. velkoplošné vytápění. Znamená to, že otopné trubky jsou součástí podlahové konstrukce. Teplá voda, která proudí v trubkách, ohřívá beton. Z betonové podlahy se pak teplo přenáší rovnoměrně do vytápěné místnosti. Rovnoměrnost přenosu tepla je velmi důležitá z hygienických důvodů a pro tepelnou pohodu. Proto se trubky většinou pokládají pod celou plochu podlahy. Jedná se o nízkoteplotní systém vytápění, protože teplota otopné vody nepřekračuje hodnotu 45°C. Rychlost proudění vody v trubkách má hodnotu okolo 3 m/s a tlak vody bývá 3 bary. Díky tomu, že se jedná o nízkoteplotní otopnou soustavu, je zde možnost využití některého z nízkopotenciálních zdrojů tepla.

3.1 Způsoby provedení

Otopná podlahová plocha poskytuje několik variant provedení. Jednotlivé varianty můžeme rozdělit podle:

způsobu provedení otopné plochy

- provedení suchým způsobem
- provedení mokřím způsobem

uložení otopného hadu

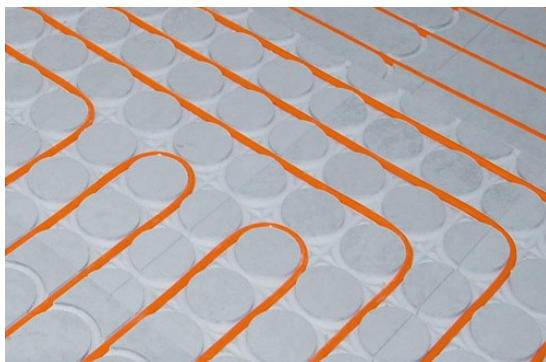
- ve tvaru meandru
- ve tvaru plošné spirály
- provedení přes modulové klima desky či obdobné prvky

3.2 Suchý způsob

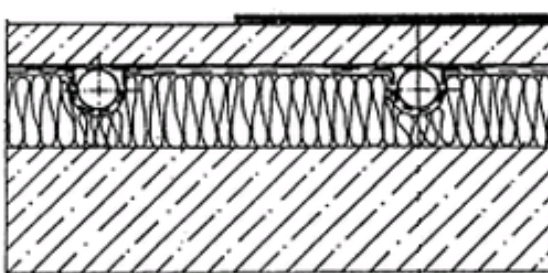
U suchého způsobu provedení se potrubí ukládá do izolační vrstvy, které je pod betonovou vrstvou. Od cementového potěru jsou trubky odděleny hydroizolační fólií. Pod hydroizolační fólií se nachází kovová lamela, která zvyšuje pevnost podlahy a také umožňuje rovnoměrný rozvod tepla.

Podlaha vytvořená na suchý způsob pracuje s vyššími teplotami otopné vody.

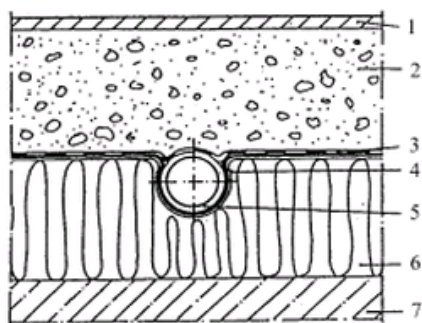
Přívodní teplota vody má hodnotu od 40 do 70°C. Tento způsob se využívá především tam, kde nám postačí nižší měrné tepelné výkony do 50 W/m². [6]



Obr. 3.1 Suchý způsob podlahového vytápění



Obr. 3.2 Řez otopnou plochou u suchého způsobu



Obr. 3.3 Detail uložení trubky u suchého způsobu

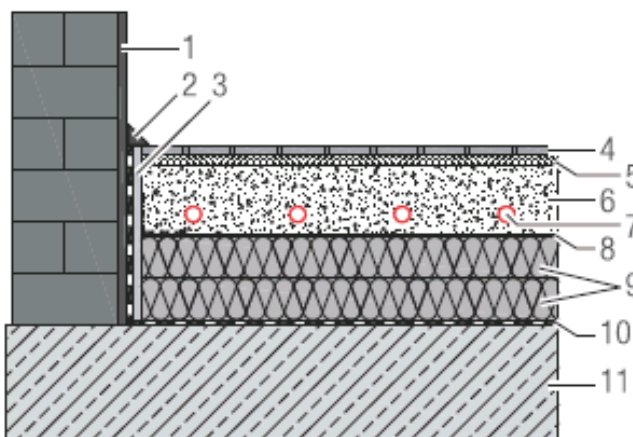
(1- podlahová krytina, 2 – cementový potěr, 3 – hydroizolace, 4 – fólie, 5 otopný had,
6 – tepelná izolace, 7 nosná podlaha)

3.3 Mokrá způsob

U mokrého způsobu je trubka zalitá přímo v betonové mazanině, která je umístěna nad tepelně-zvukovou izolací. Teplota přírodní otopné vody má hodnoty od 35 do 50 °C. Podlaha pracuje s měrným tepelným výkonem od 50 do 120 W/m².



Obr. 3.4 Mokrá způsob podlahového vytápění



Obr. 3.5 Detail uložení trubky u mokrého způsobu

(1- vnitřní omítka, 2 - krycí podlahová lišta, 3 – okrajová dilatační páska, 4 – podlahová krytina, 5 – maltové lože, 6 – mazanina, 7 – trubka, 8 – krycí fólie, 9 - tepelná izolace, 10 – hydroizolační vrstva, 11 – stavební konstrukce)

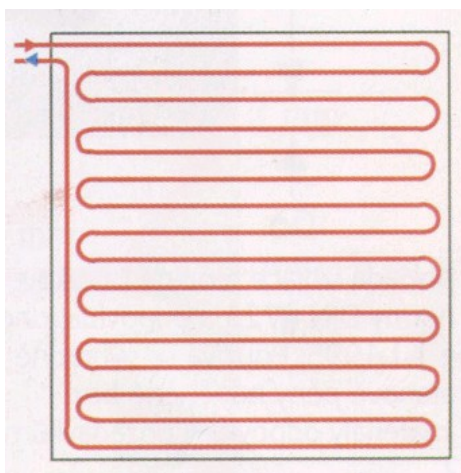
3.4 Uložení topného potrubí

Pokládání topných hadů (potrubí) se provádí osazením do betonové mazaniny. Ukládají se ve stejné rozteči od sebe do spodní vrstvy betonové mazaniny. Délka této rozteče je dána výpočtem. U ochlazovaných konstrukcí mohou být provedeny tzv. okrajové zóny. Tyto zóny se nacházejí maximálně 1 metr od ochlazovaných konstrukcí. V tomto prostoru se topné potrubí klade v menší rozteči od sebe, protože je zde povolena vyšší teplota podlahy. [4]

Pokládání topných potrubí se rozlišuje podle tvarování na dva základní způsoby:

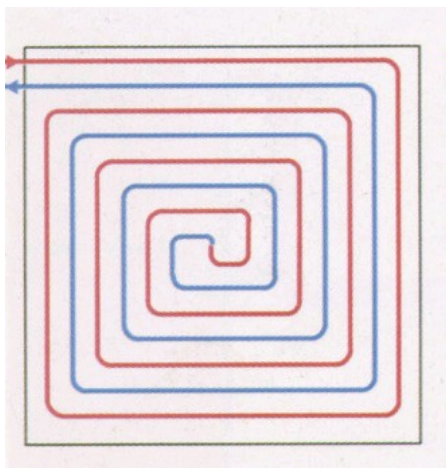
- meandrový způsob,
- spirálový způsob.

Meandrový způsob kladení potrubí je jednodušší než způsob spirálový. Otopná voda je přiváděna nejdříve k ochlazované konstrukci, až poté do vnitřní části místnosti, což můžeme vidět na obrázku 3.6. U tohoto uspořádání je povrchová teplota podlahy po celé ploše rovnoměrná.



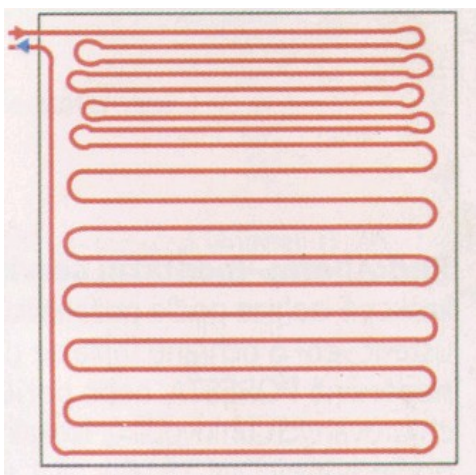
Obr. 3.6 Meandrový způsob kladení potrubí

U způsobu spirálového (obr.3.7) se pravidelně střídá potrubí přívodní s potrubím vratným. To nám zaručuje rovnoměrné rozložení výkonu po celé ploše, protože v každém místě je teplota z teplot obou trubek stejná. [4]

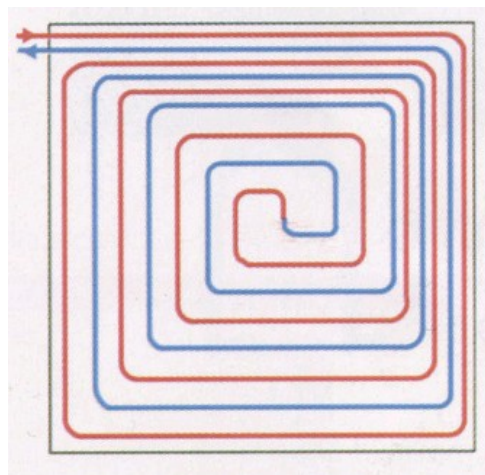


Obr. 3.7 Spirálový způsob kladení potrubí

U místností, kde se nachází ochlazovaná konstrukce je nevýhodou pokles teploty směrem od vnitřní k venkovní konstrukci. Tento jev lze eliminovat vybudováním okrajové zóny. Tuto variantu lze využít jak u meandrového způsobu tak i u způsobu spirálového. Obě varianty lze vidět na obrázcích 3.7 a 3.8 [4]



Obr. 3.8 Meandrový způsob s okrajovou zónou



Obr. 3.9 Spirálový způsob s okrajovou zónou

3.5 Základní trubní materiály

Voda, která koluje v trubkách, může být vyrobena z různých materiálů. Tyto materiály však musí splňovat přísné požadavky na kvalitu, aby nedocházelo k tvorbě oxidu železitého, nebo usazenin. Proto jsou trubní rozvody pokryty vrstvou proti difuzi kyslíku.

Dalšími vrstvami, které trubní rozvody obsahují, jsou vrstvy základní, zpevňující a ochranné. [2]

V současnosti se nejvíce používají trubky měděné a plastové. Dříve se používaly trubky ocelové, ale dnes se tento materiál k výrobě podlahového vytápění již nepoužívá. Nejčastěji používané materiály pro výrobu trubek z plastu jsou:

- síťovaný polyetylen – PE-X,
- polybuten – PB,
- kopolymer polypropylenu – PP-R.

3.6 Volba podlahové krytiny

Při výběru podlahové krytiny je nejdůležitější hodnota tepelného odporu. Tato hodnota nesmí být vyšší než $0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. Je tedy patrné, že nejvýhodnější krytinou bude ta, která nebrání prostupu tepla. Další důležitá vlastnost je, aby se krytina vlivem vyšších teplot podlahy neničila. Proto se může vybírat pouze z krytin, které výrobce povoluje pro použití na podlahové vytápění. [2]

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda_u [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$	Tepelný odpor $R_\lambda [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$
Keramická dlažba	1,010	0,010
Buk, dub	0,200	0,040
Linoleum	0,190	0,022
Deska z dřevotřísky	0,180	0,030
PVC	0,160	0,022
Dřevovláknitá lisovaná deska	0,070-0,017	0,030
Koberec	0,065	max. 0,15
Desky z lisovaného korku	0,064	0,020

Tabulka 2 - Materiály podlahových krytin, jejich tepelná vodivost a tepelný odpor

3.7 Zkoušky podlahového vytápění

Důležitým krokem u teplovodního podlahového vytápění jsou tlaková a topná zkouška.

Tlaková zkouška se provádí před zalitím potrubí potěrem. Tlak v potrubí musí mít

hodnotu minimálně 600kPa, což je dvojnásobek pracovního tlaku. Tento přetlak je v potrubí i v době, kdy se provádí potěr. Po úspěšné tlakové zkoušce se smí začít s pokládkou potěru.

Topná zkouška se u teplovodního podlahového vytápění provádí po napojení na zdroj tepla. Zároveň se před zátopem musí provést hydraulické vyregulování systému. Teplota vody v potrubí pozvolně narůstá od hodnoty 20°C do 50°C a to každý den o 5°C. Voda o hodnotě 50°C se poté udržuje minimálně 2 dny bez útlumu. Následně se teplota vody snižuje denně o 10°C. Po úspěšné topné zkoušce se mohou začít pokládat podlahové vrstvy. [1]

4 Elektrické podlahové vytápění

Elektrické podlahové vytápění patří mezi lokální otopné systémy. Přeměna elektrické energie na tepelnou je téměř beze ztrát. Velkou výhodou je až 99% účinnost elektrické otopné soustavy. Je to nejvyšší účinnost ze všech druhů vytápění. Další z výhod je, že není potřeba žádný komín, prostor pro kotel nebo místnost pro skladování paliva. Stačí mít pouze elektrické připojení na napětí 230V. Jelikož se na vytápění nepotřebuje žádné palivo, nedochází k znečišťování životního prostředí v okolní lokalitě. Vytápění se reguluje termostatem. Použití nachází také tam, kde se objekty nebo místnosti vytápění jen občas, protože nehrozí riziko zamrznutí.

4.1 Dělení podle akumulačních schopností

Elektrické podlahové vytápění se dělí na tři základní typy elektrických topných soustav:

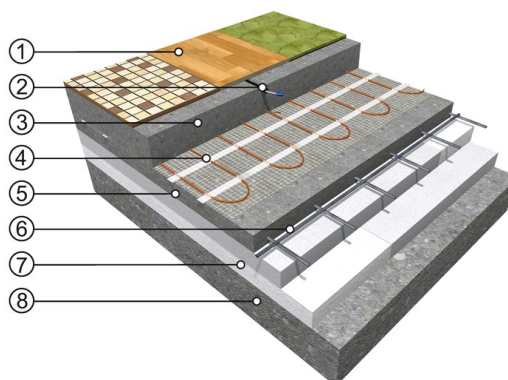
- akumulační,
- poloakumulační,
- přímotopné.

Hlavní rozdíl mezi těmito typy je v tloušťce betonové vrstvy a v rychlosti zátoku místnosti. Výška betonové vrstvy závisí na tom, jaký typ vytápění chceme používat. Čím je výška betonové vrstvy vyšší, tím delší je doba, než se beton prohřeje a začne předávat teplo do místnosti. Nejdelší doba zátoku místnosti je u vytápění akumulačního, nejkratší pak u přímotopného, protože je zde maximální vrstva betonu 4 cm. Na topné rohože se přímo pokládá dlažba. [1]

4.1.1 Akumulační vytápění

Jedná se o otopný systém, který má největší betonovou vrstvu. Tato vrstva má tloušťku v rozmezí od 10 do 15 cm v závislosti na potřebě akumulace. Plošný výkon rohoží pro tento typ vytápění je okolo 240 až 300 W/m². Při akumulačním vytápění se může teplo do podlah akumulovat 8 hodin denně při nízkém tarifu a zbylých 16 hodin se naakumulované teplo vyzařuje z povrchu podlahy do místnosti. Nejčastěji používanou

možností u tohoto typu vytápění je mokrá technologie, ve které jsou zabudováni otopní hadi do betonové mazaniny.

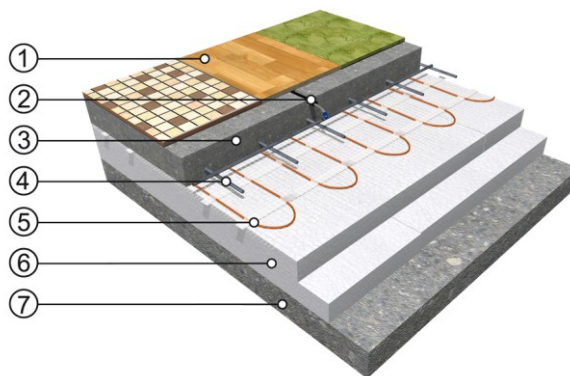


Obr. 4.1 Akumulační typ vytápění (topná rohož)

(1- Nášlapná vrstva, 2- podlahová sonda, 3- betonová akumulční vrstva, 4- topná rohož ECOFLOOR, 5- betonová akumulční vrstva, 6- ocelová výztuž, 7- tepelná izolace, 8- podklad.)

4.1.2 Poloakumulační vytápění

Tento otopný systém má menší vrstvu betonu, než tomu bylo u systému akumulčního. Tato vrstva má tloušťku od 3 do 8 cm. Topné kabely nebo rohože se kladou zhruba do poloviny této tloušťky. Plošný výkon rohoží pro tento typ vytápění je okolo 100 až 160 W/m². Při poloakumulační vytápění se může teplo do podlah akumulovat 16 hodin denně při nízkém tarifu a zbylých 8 hodin se naakumulované teplo vyzařuje z povrchu podlahy do místnosti.

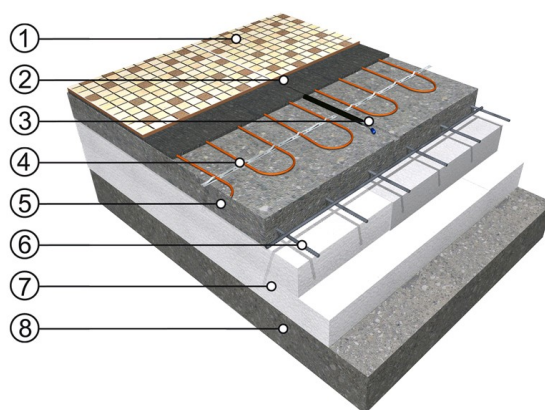


Obr. 4.2 Poloakumulační typ vytápění

(1-Nášlapná vrstva, 2- podlahová sonda, 3- nosná betonová plovoucí deska, 4- ocelová výztuž, 5- topná rohož ECOFLOOR, 6- tepelná izolace, 7- podklad.)

4.1.3 Přímotopné vytápění

Elektrickou energii je možné u tohoto typu vytápění odebírat během celého pracovního cyklu. Teplo se tedy nemusí uskláňovat do zásob. Topné kabely jsou umístěny v tenké vrstvě pružného lepicího tmelu na betonové vrstvě, která má tloušťku okolo 2-5 cm. Tento systém lze velmi dobře regulovat. Plošný výkon tepelných kabelů pro tento typ vytápění je okolo 100 až 160 W/m². [7]



Obr. 4.3 Přímotopný typ vytápění

(1- Nášlapná vrstva, 2- flexibilní lepicí tmel, 3- podlahová sonda, 4- topný kabel ECOFLOOR, 5- nosná betonová plovoucí deska, 6- ocelová výztuž, 7- tepelná izolace, 8- podklad.)

4.2 Dělení podle otopných prvků

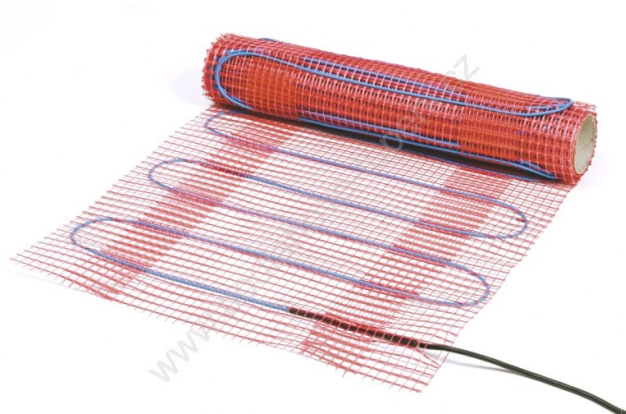
U elektrického podlahového vytápění se v současné době používají tři základní typy otopných prvků:

- topné rohože,
- topné fólie,
- topné kabely.

4.2.1 Topné rohože

Topná rohož se skládá z textilní tkaniny a topného kabelu, který je připevněn do konstrukce rohože. Tloušťka topných rohoží je cca 3 - 6 mm. Podle způsobu výroby se rozlišují rohože šité a lepené. Topný výkon rohoží je od 270 W až do 4,2 kW. Výhodou

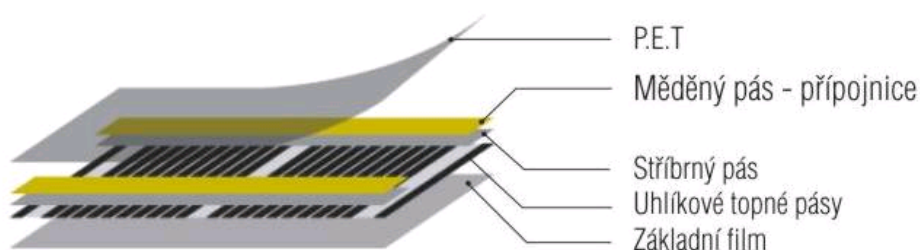
rohoží je jejich jednoduchá a rychlá instalace. Čím nižší je průměr topné kabelu, tím nižší je potom stavební výška a spotřebuje se méně flexibilní směsi. Využití rohoží je především u přímotopného vytápění, kde se instalují přímo pod dlažbu. Skladba a popis podlahy s topnými rohožemi je na obrázku (4.1). [8]



Obr. 4.4 Topná rohož

4.2.2 Topné fólie

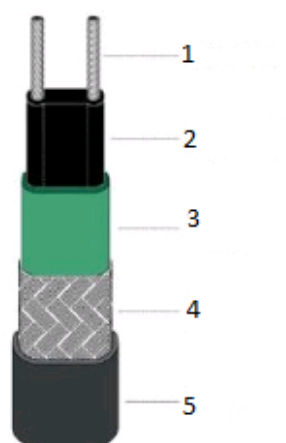
Topné fólie mají tloušťku okolo 0,5 mm. Nejčastěji se instalují pod laminátové nebo dřevěné plovoucí podlahy. Díky bezprostřednímu umístění fólie přímo pod podlahou je vytápění rychlé a snadno regulovatelné.



Obr. 4.5 Skladba topné fólie

4.2.3 Topné kabely

Topný kabel je měděný odporový drát, který slouží k přeměně energie elektrické na energii tepelnou. Využívají se hlavně pro akumulční a poloakumulční vytápění. Instalují se do 10 – 15 cm betonové vrstvy. Výhodou samostatných topných kabelů je snadné umístění přesně podle půdorysného tvaru místnosti a nižší cena. Jako nevýhoda může být považována zdlouhavá a složitá instalace.



Obr. 4.6 Skladba topného kabelu

(1- Sběrný vodič, 2- samoregulační vodivé jádro, 3- termoplastová izolace, 4- kovové opletení, 5- vnější plášť.)

5 Tepelná ztráta budovy.

Výpočet tepelné ztráty budovy jsem vypočítal z normy ČSN 06 02 10. Tato norma stanoví tepelné ztráty v jednotlivých místnostech. [3]

5.1 Výpočet celkové tepelné ztráty

Celková tepelná ztráta \dot{Q}_c se vypočte součtem tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi a tepelných ztrát větráním. Vypočtená hodnota je snížena o trvalé zisky.

$$\dot{Q}_c = \dot{Q}_p + \dot{Q}_v - \dot{Q}_z \quad [\text{W}] \quad (1)$$

kde:

\dot{Q}_p je tepelná ztráta prostupem tepla, [W]

\dot{Q}_v tepelná ztráta větráním, [W]

\dot{Q}_z trvalý tepelný zisk. [W]

5.2 Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta místnosti se vypočte podle vztahu:

$$\dot{Q}_p = \dot{Q}_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [\text{W}] \quad (2)$$

kde:

\dot{Q}_o je základní tepelná ztráta prostupem tepla, [W]

p_1 přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí, [-]

p_2 přírážka na urychlení zátoku, [-]

p_3 přírážka na světovou stranu. [-]

Základní tepelná ztráta prostupem tepla \dot{Q}_o se vypočte součtem tepelných toků prostupem tepla v ustáleném tepelném stavu jednotlivými konstrukcemi, které ohraničují vytápěnou místnost od venkovního prostředí nebo od sousedních místností.

$$\dot{Q}_o = k_1 \cdot S_1 \cdot (t_i - t_{e1}) + k_2 \cdot S_2 \cdot (t_i - t_{e2}) + \dots + k_n \cdot S_n \cdot (t_i - t_{en}) \quad [\text{W}] \quad (3)$$

kde:

$S_1, S_2, \dots S_n$	je ochlazovaná plocha stavební konstrukce,	$[m^2]$
$k_1, k_2, \dots k_n$	součinitel prostupu tepla,	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
t_i	výpočtová vnitřní teplota,	$[^{\circ}C]$
$t_{e1}, t_{e2}, \dots t_{en}$	výpočtová teplota venkovního prostředí	$[^{\circ}C]$

Jestliže je u některé stavební konstrukce teplota na vnější straně vyšší než teplota ve vytápěné místnosti, má tepelný tok, který prostupuje touto stavební konstrukcí zápornou hodnotu. V takovém případě se jedná o tepelný zisk, který zmenšuje základní tepelnou ztrátu místnosti prostupem tepla \dot{Q}_O .

Přirážka p_1 je přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí. Umožňuje zvýšení teploty vnitřního vzduchu tak, aby i při nižší povrchové teplotě ochlazované konstrukce bylo dosaženo požadované vnitřní teploty.

Přirážka p_1 se vypočte podle vztahu:

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (4)$$

kde:

k_c je průměrný součinitel prostupu tepla všech konstrukcí místnosti.

Součinitel k_c se vypočte ze vztahu:

$$k_c = \frac{\dot{Q}_O}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (5)$$

kde:

$\sum S$	je celková plocha konstrukcí ohraničující místnost,	$[m^2]$
t_i	výpočtová vnitřní teplota,	$[^{\circ}C]$
t_e	výpočtová venkovní teplota.	$[^{\circ}C]$

Přirážka p_2 je přirážka na urychlení zátoku. Tuto přirážku použijeme jen tehdy, když ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění.

Poznámka:

- 0,10 při denní době vytápění delší nebo rovné než 16 hodin,
- podle ČSN 06 02 20 při denní době vytápění kratší než 16 hodin.

Přirážka p_3 je přirážka na světovou stranu. O velikosti této přirážky rozhoduje poloha nejvíce ochlazované stavební konstrukce. Při více ochlazovaných konstrukcích rozhoduje poloha jejich společného rohu. S nejvyšší možnou přirážkou se počítá jen v případech, kdy má místnost tři nebo čtyři ochlazované konstrukce. Hodnoty přirážky p_3 jsou uvedeny v tabulce 5.1

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
Přirážka	-0,05	0	0	0,5	0,1	0,05	0,05	0

Tabulka 3 - Přirážka na světovou stranu

Součinitel prostupu tepla k , se vypočte ze vztahu:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (6)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (7)$$

kde:

k	je	součinitel prostupu tepla konstrukcemi,	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
l_i		tloušťka vrstvy materiálu,	$[\text{m}]$
λ_i		součinitel tepelné vodivosti materiálu,	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
α_1, α_2		součinitel přestupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

5.3 Tepelná ztráta prostoru větráním

Tepelná ztráta prostoru větráním \dot{Q}_v , se vypočte ze vztahu:

$$\dot{Q}_v = 1300 \cdot \dot{V}_v \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (8)$$

kde:

\dot{V}_v	je	objemový tok větracího vzduchu,	$[\text{m}^3/\text{s}]$
t_i		výpočtová vnitřní teplota,	$[^\circ\text{C}]$
t_e		výpočtová venkovní teplota.	$[^\circ\text{C}]$

Za objemový tok větracího vzduchu \dot{V}_v se dosazuje vyšší z hodnot \dot{V}_{vP} nebo \dot{V}_{vH} .
 Při přirozeném větrání infiltrací se objemový tok větracího vzduchu \dot{V}_{vP} stanoví ze vztahu:

$$\dot{V}_{vP} = \sum(i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (9)$$

kde:

i_{LV}	je	součinitel spárové průvzdušnosti,	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}]$
L		délka spár otevíratelných částí dveří a oken a venkovních dveří,	$[\text{m}]$
B		charakteristické číslo budovy,	$[\text{Pa}^{0,67}]$
M		charakteristické číslo místnosti.	$[-]$

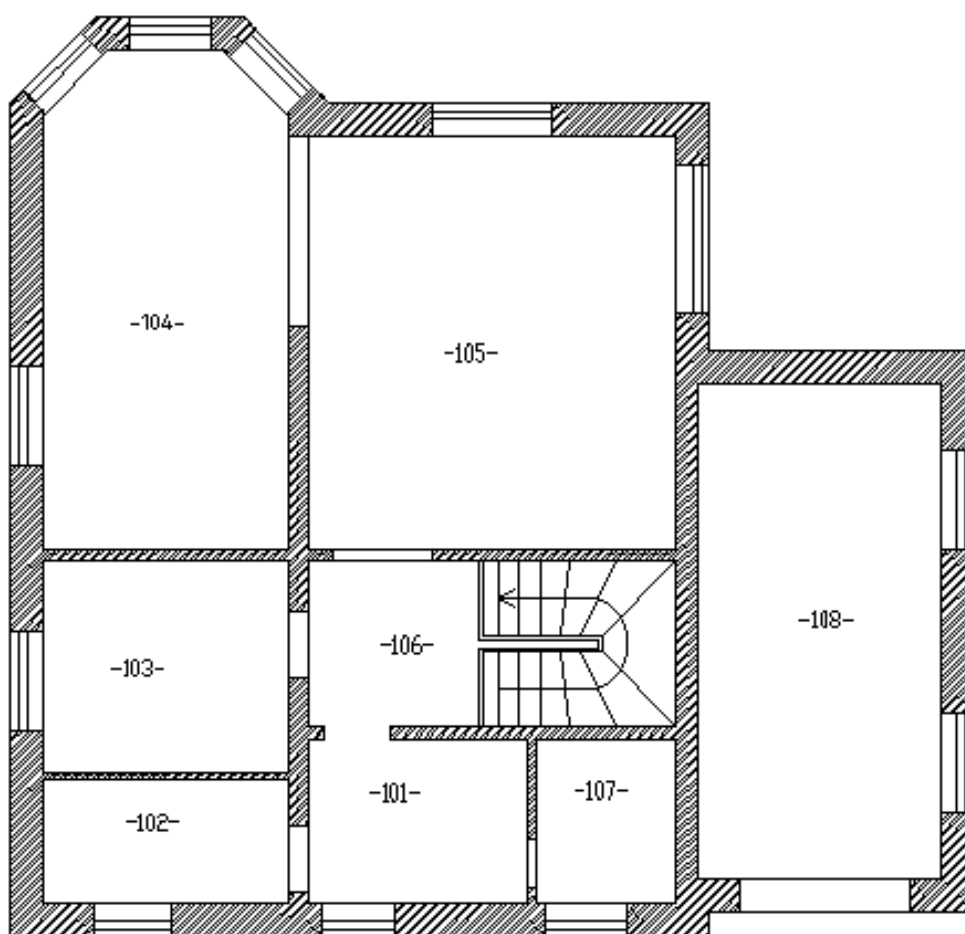
V normě ČSN 73 05 40-3:1994 jsou uvedeny hodnoty spárové průvzdušnosti oken a venkovních dveří. Celková délka spáry se stanoví součtem spár mezi jednotlivými křídly a rámem, včetně středního sloupku. Charakteristické číslo budovy se stanoví dle normy ČSN 06 02 10.

6 Výpočet celkové tepelné ztráty objektu

6.1 Popis rodinného domu

Tento rodinný dům se nachází v obci Dobrá okresu Frýdek – Místek. Jedná se o klasický, nepodsklepený, zděný dům s přízemím, podkrovím a garáží. Okna a dveře jsou dřevěná, vrata do garáže jsou sekční. V domě se počítá s vnitřními teplotami jednotlivých místností 22°C – pro obývací pokoj, 24°C – pro koupelnu a 18°C pro komunikační prostory. Na severní straně pozemku je příjezdová komunikace a na západní a východní straně jsou sousedící zastavěné parcely. V této oblasti se počítá s výpočtovou venkovní teplotou -15°C.

6.2 Půdorys rodinného domu



Obr. 6.1 Půdorys rodinného domu

6.3 Charakteristika jednotlivých vytápěných místností

- Zádveří
Označení místnosti: -101-
Plocha: 2,9 m²
Vnitřní výpočtová teplota: 18°C
- Technická místnost
Označení místnosti: -102-
Plocha: 4,5 m²
Vnitřní výpočtová teplota: 18°C
- Pokoj
Označení místnosti: -103-
Plocha: 6,75 m²
Vnitřní výpočtová teplota: 22°C
- Kuchyň + obývací pokoj
Označení místnosti: -104- + -105-
Plocha: 33,9 m²
Vnitřní výpočtová teplota: 22°C
- Chodba se schodištěm
Označení místnosti: -106-
Plocha: 9 m²
Vnitřní výpočtová teplota: 20°C
- Koupelna + WC
Označení místnosti: -107-
Plocha: 3,4 m²
Vnitřní výpočtová teplota: 24°C
- Garáž
Označení místnosti: -108-
Plocha: 19,3 m²
Vnitřní výpočtová teplota: 10°C

6.4 Výpočet tepelných ztrát zvolené místnosti

Pro detailní výpočet tepelných ztrát jsem si vybral místnost s označením -101-. Tato místnost je zádveří se vstupním vchodem do rodinného domku. Nachází se zde, troje dveře, jedny venkovní a dvojce vnitřní.

Označení stěny	Tloušťka stěny [m]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m ²]	Plocha otvorů [m ²]	Plocha bez otvorů [m ²]	Součinitel prostupu tepla k [W. m ⁻² . K ⁻¹]	Rozdíl teplot Δt [K]
SO	40	2,70	2,55	6,89	1,7	5,19	0,44	33
DO		0,80	2,10	1,68	0	1,68	2,80	33
SN	15	2,70	2,55	6,89	1,6	5,29	0,65	-4
DV		0,80	2,00	1,60	0	1,60	2,40	-4
SN	15	2,00	2,55	5,10	1,2	3,90	0,65	-6
DV		0,60	2,00	1,20	0	1,20	2,40	-6
ST		2,70	2,00	5,40	0	5,40	0,52	-4
PD		2,70	2,00	5,40	0	5,40	0,46	13

Tabulka 4 – Detailní údaje o místnosti

Kde:

SO je venkovní ochlazovaná stěna,
DO venkovní ochlazované dveře,
SN vnitřní ochlazované i neochlazovaná stěna,
DV vnitřní ochlazované i neochlazované dveře,
ST strop,
PD podlaha.

6.5 Výpočet součinitele prostupu tepla pro obvodovou zeď

Pro výpočet součinitele prostupu tepla potřebujeme vědět, z jakých materiálů se stěna skládá. V této místnosti se stěna skládá z keramických tvarovek, vnější a vnitřní omítky. Nejdříve se určí součinitel přestupu tepla podle hodnot teploty v interiéru a

exteriéru. Dále se zjistí součinitel tepelné vodivosti pro jednotlivé materiály, ze kterých se skládá stavební konstrukce.

	Teplota $t [^{\circ}\text{C}]$	Součinitel přestupu tepla $\alpha [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
Interiér	18	8
Exteriér	-15	23

Tabulka 5 – Hodnoty součinitele přestupu tepla v interiéru a exteriéru

Vrstva	Tloušťka vrstvy $d [\text{m}]$	Součinitel tepelné vodivosti $\alpha [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
Vnější omítka	0,020	0,65
Vnitřní omítka	0,015	0,65
Keramická tvarovka	0,365	0,18

Tabulka 6 – Skladba obvodové zdi

Pro výpočet součinitele přestupu tepla pro obvodovou zeď jsem použil vzorec (7):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,015}{0,65} + \frac{0,365}{0,18} + \frac{0,02}{0,65} + \frac{1}{23}}$$

$$k = 0,44 [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$$

6.6 Výpočet součinitele prostupu tepla pro stropní konstrukci

Pro výpočet součinitele prostupu tepla pro podlahu mezi patry potřebujeme vědět stavbu podlahy. Ta se skládá z dlažby, železobetonu, betonu strusko-pazderového a vápenné omítky. Hodnoty součinitele přestupu tepla a tloušťky vrstvy jsou uvedeny v tabulce 7.

Vrstva	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepelné vodivosti α [W. m ⁻² . K ⁻¹]
Dlažba	0,015	1,00
Železobeton	0,05	1,34
Beton strusko-pazderový	0,30	0,18
Omítka vápenná	0,02	0,88

Tabulka 7 – Skladba podlahy mezi patry

Pro výpočet součinitele přestupu tepla pro stropní konstrukci jsem použil vzorec (7):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,015}{1} + \frac{0,05}{1,34} + \frac{0,30}{0,18} + \frac{0,02}{0,88} + \frac{1}{23}}$$

$$k = 0,52 \text{ [W. m}^{-2}\text{. K}^{-1}\text{]}$$

6.7 Výpočet součinitele prostupu tepla pro podlahu

Podlaha se skládá z keramické dlažby, hydroizolace, železobetonu, geotextilie, tepelně-izolačního zásypu a drenážní vrstvy šterku. Hodnoty součinitele přestupu tepla a tloušťky vrstvy jsou uvedeny v tabulce 8.

Vrstva	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepelné vodivosti α [W. m ⁻² . K ⁻¹]
Dlažba	0,015	1,00
Hydroizolace	0,05	0,30
Železobeton	0,15	1,74
Geotextilie	0,025	0,25
Tepelně-izolační zásyp	0,35	0,28
Geotextilie	0,025	0,25
Drenážní vrstva šterku	0,20	0,58

Tabulka 8 – Skladba základové desky

Pro výpočet součinitele přestupu tepla základové desky jsem použil vzorec (7):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,015}{1} + \frac{0,05}{0,3} + \frac{0,15}{1,74} + \frac{0,025}{0,25} + \frac{0,35}{0,28} + \frac{0,025}{0,25} + \frac{0,2}{0,58} + \frac{1}{23}}$$

$$k = 0,45 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}\text{]}$$

6.8 Výpočet základní tepelné ztráty

Tento výpočet se skládá ze součtu tepelných toků jednotlivými konstrukcemi v místnosti. U výpočtu tepelné ztráty podlahou se počítá s venkovní teplotou +5 °C, protože se jedná o nepodsklepený rodinný dům a podlahová konstrukce je proto v přímém styku se zeminou.

Pro výpočet základní tepelné ztráty jsem použil vzorec (3):

$$\begin{aligned} \dot{Q}_O \equiv & 0,44 \cdot 5,19 \cdot (18 - (-15)) + 2,80 \cdot 1,68 \cdot (18 - (-15)) + 0,65 \cdot 5,29 \cdot \\ & (18 - 22) + 2,4 \cdot 1,6 \cdot (18 - 22) + 0,65 \cdot 3,90 \cdot (18 - 24) + 2,40 \cdot 1,2 \cdot \\ & (18 - 24) + 0,52 \cdot 5,40 \cdot (18 - 22) + 0,45 \cdot 5,4 \cdot (18 - 5) \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_O = 189,35 \text{ [W]}$$

6.9 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla

V tomto výpočtu se základní tepelná ztráta vynásobí hodnotou, která se skládá z přírážek na světovou stranu a z přírážky na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí.

Pro výpočet přírážky na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí jsem použil vzorec (5):

$$k_c = \frac{189,35}{29,66 \cdot 33}$$

$$k_c = 0,19$$

$$0,1 \leq 0,19 \leq 0,3 \gg p_1 = 0,03$$

Pro výpočet tepelné ztráty prostupem tepla jsem použil vzorec (1):

$$\dot{Q}_P = 189,35 \cdot (1 + 0,03 + 0 + 0,05)$$

$$\dot{Q}_P = 204,50 \text{ [W]}$$

6.10 Výpočet tepelné ztráty větráním

Jak už zde bylo jednou uvedeno, v místnosti se nacházejí troje dveře. Pro výpočet potřebujeme součet všech spár těchto dveří. Součinitele spárové průvzdušnosti, tuto hodnotu nalezneme v normě ČSN 730540-3:2005. Jako poslední hodnoty, které potřebuje pro výpočet tepelné ztráty větráním je charakteristické číslo místnosti a charakteristické číslo budovy. Tyto hodnoty nalezneme v normě ČSN 060210:1994.

	Délka spáry L[m]	Součinitel spárové průvzdušnosti $i_{LV} [m^3 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0,67}]$
Dveře 1	1,7	0,00014
Dveře 2	1,6	0,00014
Dveře 3	1,2	0,00014

Tabulka 9 – Délky spár a součinitel spárové průvzdušnosti pro dveře

charakteristické číslo místnosti M [-]	charakteristické číslo budovy B [$Pa^{0,67}$]
0,7	8

Tabulka 10 – Charakteristická čísla pro místnost a budovu

Pro výpočet objemového toku větracího vzduchu při přirozeném větrání \dot{V}_{vp} jsem použil vzorec (9):

$$\dot{V}_{vp} = (0,00014 \cdot 5,8) \cdot 0,7 \cdot 8$$

$$\dot{V}_{vp} = 4,55 \cdot 10^{-3} [m^3 \cdot s^{-1}]$$

Následně jsem použil vzorec (8), pro výpočet tepelných ztrát větráním.

$$\dot{Q}_v = 1300 \cdot 4,55 \cdot 10^{-3} \cdot (18 - (15))$$

$$\dot{Q}_v = 195,20[W]$$

6.11 Výpočet celkové tepelné ztráty zvolené místnosti

Pro výpočet celkové tepelné ztráty místnosti jsem použil vzorec (1). Do výsledku nezapočítávám telený zisk \dot{Q}_Z , protože je nulový. Platí tedy:

$$\dot{Q}_Z = 0$$

$$\dot{Q}_C = \dot{Q}_p + \dot{Q}_V - \dot{Q}_Z = 204,50 + 195,20 - 0$$

$$\dot{Q}_C = 399,70 [W]$$

6.12 Celkový výpočet tepelné ztráty prostupem tepla pro spodní patro rodinného domku

Tabulka hodnot jednotlivých místností s celkovými výpočty tepelných ztrát prostupem tepla \dot{Q}_p .

Místnost	$\dot{Q}_p [W]$
-101-	204,50
-102-	201,56
-103-	441,33
-104- + -105-	2161,55
-106-	139,51
-107-	271,12
-108-	1169,04
Celkové ztráty	4588,61

Tabulka 11 – Hodnoty tepelných ztrát prostupem tepla

6.13 Celkový výpočet tepelné ztráty větráním pro spodní patro rodinného domku

Tabulka hodnot jednotlivých místností s celkovými výpočty tepelných ztrát větráním \dot{Q}_V .

Místnost	\dot{Q}_V [W]
-101-	195,07
-102-	134,53
-103-	196,09
-104- + -105-	667,47
-106-	0
-107-	159,00
-108-	290,47
Celkové ztráty	1642,63

Tabulka 12- Hodnoty tepelných ztrát větráním

6.14 Celková tepelná ztráta přízemí rodinného domku

Detailní výpočet tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti v přízemí rodinného domku je uveden v příloze A. Pro výpočet celkové tepelné ztráty jsem použil vzorec (1).

$$\dot{Q}_C = \dot{Q}_p + \dot{Q}_V - \dot{Q}_Z = 4588,61 + 1642,63 - 0$$

$$\dot{Q}_C = 6231,24 [W]$$

7 Návrh vytápění

7.1 Výpočet potřeby tepla za otopné období

Pro výpočet potřeby tepla za otopné období jsem použil vzorec dle literatury [12]:

$$\dot{Q}_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad [\text{MWh}] \quad (10)$$

kde:

ϵ	je	opravný součinitel,	[-]
η_o		účinnost regulace soustavy,	[-]
η_r		účinnost rozvodu vytápění,	[-]
Q_c		tepelná ztráta objektu,	[kW]
D		vytápěcí denostupně,	[k·dny]
t_{is}		průměrná vnitřní výpočtová teplota,	[°C]
t_e		venkovní výpočtová teplota.	[°C]

Vzorec pro vytápěcí denostupně:

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad [\text{k·dny}] \quad (11)$$

kde:

d	je	délka otopného období,	[dny]
t_{es}		průměrná teplota během otopného období.	[°C]

Výpočet:

$$D = 225 \cdot (19,75 - 3,4)$$

$$D = 3679 \text{ [k·dny]}$$

Vzorec pro výpočet opravného součinitele:

$$\epsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d \quad [-] \quad (12)$$

kde:

e_i	je	nesoučasnost tepelné ztráty,	[-]
e_t		snížení teploty v místnosti během dne respektive noci,	[-]
e_d		zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu.	[-]

Výpočet:

$$\epsilon = 0,85 \cdot 0,90 \cdot 1,00$$

$$\epsilon = 0,765 [-]$$

Konečný výpočet pro potřebu tepla za otopné období (10):

$$\dot{Q}_{VYT,r} = \frac{0,765}{1,00 \cdot 0,97} \cdot \frac{24 \cdot 6,231 \cdot 3679}{(19,75 + 12)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

$$\dot{Q}_{VYT,r} = 13,67 \text{ [MWh]} = 13670 \text{ [kWh]}$$

7.2 Návrh elektrického vytápění

Pro volbu elektrického podlahového vytápění jsem si vybral topné kabely PSV, které mají měrný výkon 15W/m. Tyto topné kabely jsou vybaveny ochranným opletením, které je určeno pro podlahové vytápění v prostorech s požadovanou zvýšenou ochranou. Jsou také opatřené připojovací netopnou částí tzv. studeným koncem a jedná se o jednožilový kabel. [11]



Obr. 7.1 Topný kabel PSV

V tabulce 13 je uvedena orientační cena za topný kabel pro vytápění spodního patra rodinného domu. V této ceně nejsou zahrnuty náklady na práci, regulační prvky a dalšího příslušenství.

Název kabelu	Délka kabelu na m ² při rozteči 200mm	Celková potřebná délka kabelu [m]	Cena [kč/m ²]
PSV 15200	5	446	1047,-

Tabulka 13- Náklady na elektrické podlahové vytápění

Celkové náklady na otopnou plochu pro elektrické podlahové vytápění:

$$89,15 \cdot 819 = 93340 \text{ [Kč]}$$

7.2.1 Množství spotřebované energie na elektrické vytápění

Účinnost přeměny elektrické energie v teplo je u elektrického vytápění 100%. Pro výpočet spotřebovaného množství energie použijeme vzorec:

$$E_p = \frac{Q_{VYT,r}}{\eta} \quad [\text{kWh}] \quad (13)$$

kde:

E_p je dodávka energie [kWh]

η účinnost zařízení [-]

Výpočet:

$$E_p = \frac{13670}{100}$$

$$E_p = 13670 \text{ [kWh]}$$

7.3 Návrh teplovodního podlahového vytápění

Pro volbu teplovodního podlahového vytápění jsem si vybral plastové trubky Alpex therm-XS 16x2 s hliníkovou vrstvou a systémovou fólií TH 30P. Tyto trubky mají maximální provozní teplotu 90°C a slouží k rozvodům podlahového vytápění.

V tabulce 14 je uvedena orientační cena za 1 m² teplovodního podlahového vytápění. V této ceně nejsou zahrnuty náklady na práci, dodatečnou izolaci, betonovou mazaninu a dalšího příslušenství.

Typ	Výrobek	Jednotka	Rozteč 75 mm
TH 30P	Systémová deska s fólií	m ² /Kč	1/318,-
DP 50	Dilatační páska	m/Kč	1,1/22,-
Typ	Výrobek	Jednotka	Rozteč 75 mm
Alpex therm XS 16x2	trubka	m/Kč	13,3/479,-
Cena za 1m ² celkem v Kč			819,-

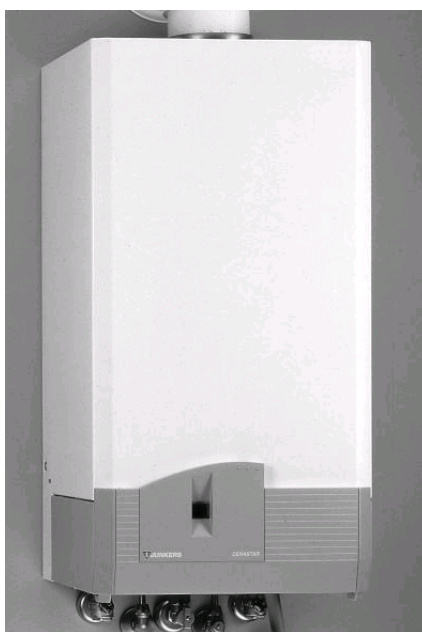
Tabulka 14 - Náklady na teplovodní podlahové vytápění

Celkové náklady na otopnou plochu pro teplovodní podlahové vytápění:

$$89,15 \cdot 819 = 73014 \text{ [Kč]}$$

7.3.1 Zdroj tepla pro teplovodní vytápění

Jako zdroj tepla jsem navrhnul závěsný plynový kotel Junkers ZSR 18-5 AE CERASTAR- 18kW se zásobníkem TUV ST120 – 1 (120 litrů). Kotel je navržen v provedení turbo, je automatický s vestavěnou expanzní nádobou a čerpadlem. Účinnost kotle je 91%. Cena tohoto plynového kotle je 21750 Kč. [9]



Obr. 7.2 Kotel JUNKERS

7.3.2 Množství spotřebované energie na teplovodní vytápění

Výpočet dodávky energie jsem spočítal ze vzorce (13):

$$E_p = \frac{13670}{0,91}$$

$$E_p = 15022 \text{ [kWh]}$$

8 Ekonomické zhodnocení investice

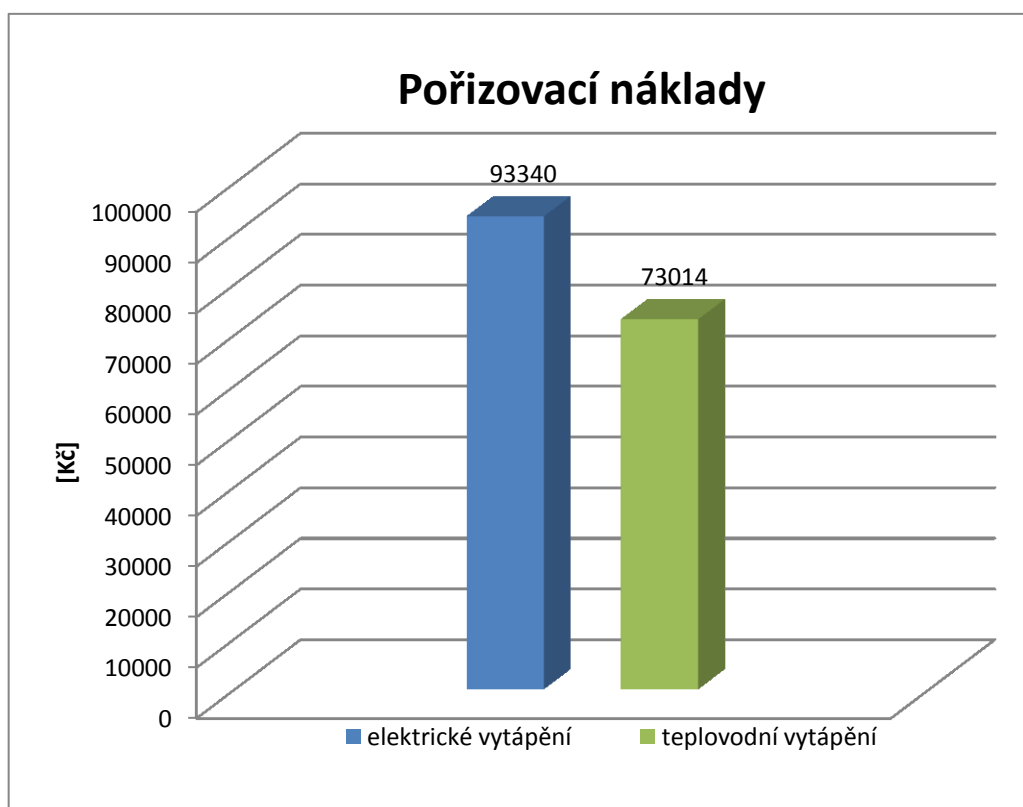
Ekonomické hodnocení investice budu provádět s ohledem na současné ceny energií. Platnosti cen elektřiny a zemního plynu jsou k datu 1.4.2014. [10]

Druh paliva	Cena[Kč/kWh]	Měsíční platba [Kč]
Elektřina	2.34,-	374,-
Zemní plyn	1.83,-	240,-

Tabulka 15- Ceny energií

8.1 Pořizovací náklady na výstavbu otopné plochy

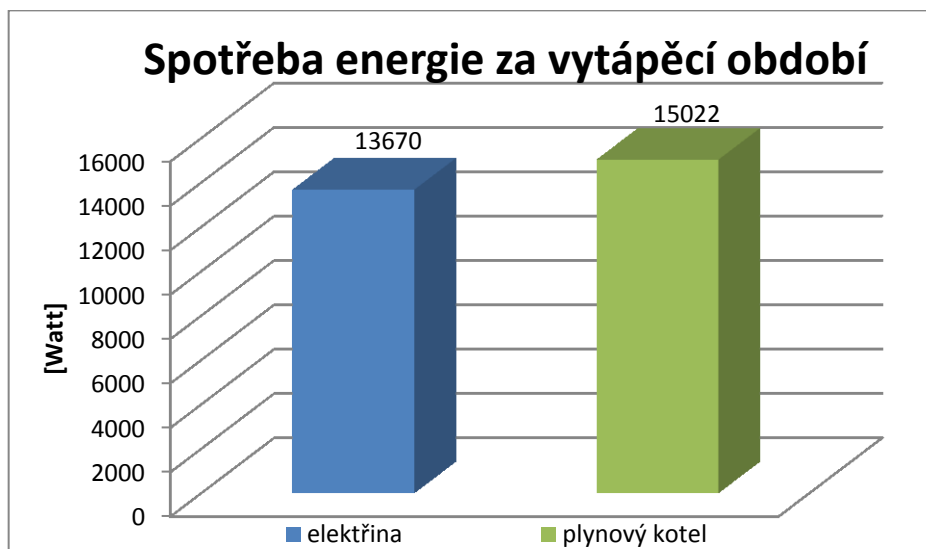
Na obrázku 8.1 jsou znázorněny celkové pořizovací náklady na výstavbu otopné plochy.



Obrázek 8.1 Pořizovací náklady

8.2 Spotřeba energie za vytápěcí období

Na obrázku 8.2 je znázorněna spotřeba energie za vytápěcí období pro vytápění elektřinou a plynovým kotlem.



Obrázek 8.2 Spotřeba energie za vytápěcí období

8.3 Náklady na provoz za vytápěcí období

Náklady na provoz za vytápěcí období jsem vypočetl ze vzorce:

$$C = E_p \cdot c + (12 \cdot m_p) \quad [\text{Kč}] \quad (14)$$

kde:

C	je	cena za roční spotřebu tepla,	[Kč]
E_p		dodávka energie,	[kWh]
c		cena za kWh dodané energie ,	[Kč/kWh]
m_p		měsíční platba.	[Kč]

8.3.1 Náklady na vytápění elektřinou

Pro výpočet jsem použil vzorec (14):

$$\begin{aligned} C &= 13670 \cdot 2,34 + (12 \cdot 374) \\ C &= 36476 \text{ [Kč]} \end{aligned}$$

8.3.2 Náklady na vytápění zemním plynem

Pro výpočet jsem použil vzorec (14):

$$C = 15022 \cdot 1,83 + (12 \cdot 240)$$

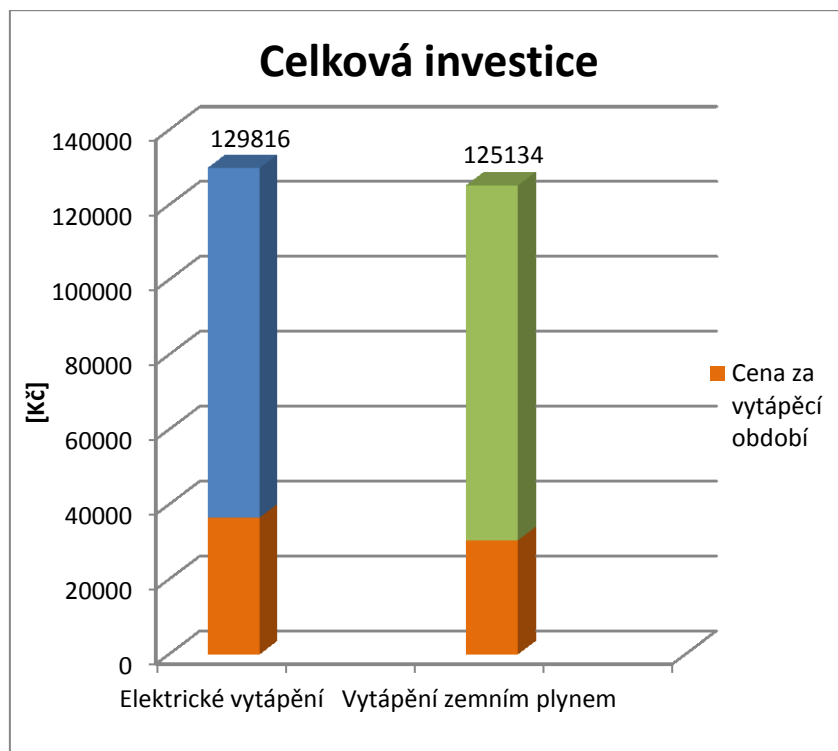
$$C = 30370 \text{ [Kč]}$$

8.4 Porovnání celkových investic

V porovnání celkových investic, je také započtena cena energií za vytápěcí období.

Druh vytápění	Pořizovací náklady [Kč]	Roční spotřeba energie [kWh]	Cena za kWh [Kč]	Cena za vytápěcí období [Kč]	Celková pořizovací cena [Kč]
Elektrické vytápění	93340	13670	2.34,-	36476	129816
Vytápění zemním plynem	94764	15022	1.83,-	30370	125134

Tabulka 16- Porovnání investic



Obrázek 8.3 Celková investice

9 Závěr

V bakalářské práci jsem porovnával, který ze systémů podlahového vytápění je pro zvolený objekt výhodnější. A to nejen z hlediska provedení, ale také z hlediska finančního.

V úvodní teoretické části jsem se zabýval co podlahové vytápění je, jaké má výhody, charakteristické znaky a v jakých variantách provedení se může vyskytovat. Dále jsem zde popsal postup při výpočtu tepelných ztrát budov, dle normy ČSN 060210:1994.

V praktické části jsem nejdříve provedl výpočet tepelných ztrát spodního patra rodinného domu. Následně pak navrhuji a porovnávám dva typy podlahového vytápění (teplovodního a elektrického). U teplovodního podlahového vytápění jsem navrhnul plastové trubky Alpex therm-XS a systémovou fólií TH 30P. Pro elektrické podlahové vytápění jsem zvolil topné kabely PSV, které mají měrný výkon 15W/m. Dále jsem provedl návrh vytápěcích zařízení. Pro teplovodní podlahové vytápění jsem zvolil závěsný plynový kotel Junkers ZSR 18-5 AE CERASTAR, jehož účinnost při spalování je okolo 91 %. Pro elektrické vytápění není zapotřebí mít žádné vytápěcí zařízení, stačí mít pouze elektrické připojení na 230V. Zde je účinnost přeměny elektrické energie na teplo 100%, tzn., že potřebná dodávka energie za topné období je stejná jako množství spotřebované energie na vytápění.

V poslední části, jsem se zabýval ekonomickým zhodnocením investice. Provedl jsem výpočet nákladů za vytápěcí období s ohledem na současné ceny energií pro elektrické i teplovodní vytápění.

Na základě výpočtu tepelné ztráty objektu bych jako vytápěcí zařízení zvolil teplovodní podlahové vytápění s plynovým kotlem. Pořizovací náklady u obou provedení byly srovnatelné, ale velký rozdíl byl v ceně za vytápěcí období. Vytápění plynem vyjde ročně přibližně o 6 000,- Kč levněji než u vytápění elektrinou.

10 Seznam použité literatury

- [1] DUFKA, Jaroslav. Podlahové vytápění. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, 2006. 100s. ISBN 80-247-1530-9
- [2] POČINKOVÁ, Markéta. PODLAHOVÉ A STĚNOVÉ VYTÁPĚNÍ: STROPNÍ CHLAZENÍ. 2. vyd. Brno : Computer Press, 2009. 126s. ISBN 978-80-251-2746-9
- [3] ČSN 06 06 10: Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění.
- [4] Technické zařízení budov, stavebnictví, úspory energie [online]. [cit. 2014-01-30]. Dostupný z WWW:< <http://www.tzb-info.cz>>. ISSN 1801-4399
- [5] Konvektory do podlahy [online]. [cit. 2014-02-24]. Dostupný z WWW:< <http://archiv.licon.cz/konvektory-do-podlahy-pk.html>
- [6] Suchý systém vytápění [online]. [cit. 2014-01-30]. Dostupný z WWW:< <http://www.wolfheiztechnik.de/cz/pkp/produkty/salavesystemy/podlahovevytapani/suchysystemvytapani.html>
- [7] Skladby podlah pro podlahové vytápění [online]. [cit. 2014-01-30]. Dostupný z WWW:< <http://www.fenixgroup.cz/pages/cs/produkty/topne-kabely-rohoze/dalsi-odborne-informace/doporucene-skladby-podlah-pro-podlahove-vytapani>>
- [8] Topné rohože [online]. [cit. 2014-01-30]. Dostupný z WWW:<<http://www.podlahove-topeni.cz/cz/e-shop/elektricke-topne-rohoze/raychem-t2quicknet-160>
- [9] Kotel Junkers [online]. [cit. 2014-03-25]. Dostupný z WWW:< http://junkers-cz.resource.bosch.com/media/ttcz/dokumentace/archiv_dokumentace/01_z_v_sn_kotle/cerastar_ae_5_6720604427_cz.pdf
- [10] Vytapani.tzb-info.cz[online]. 1.4.2014 [cit. 2014-03-28]. Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva. Dostupný z WWW:<<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>

- [11] Topné kabely ECOFLOOR®: Ceník: 07/2013 [online]. [s.l.] : [s.n.], 2013 [cit. 2014-01-30]. Dostupný z WWW: <<http://shop.fenixgroup.cz/k23-internetovy-obchod-ecofloor-topne-kabely>
- [12] Potřeba tepla pro vytápění [online]. [cit. 2014-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>

11 Seznam příloh

Příloha A – Výpočet tepelných ztrát

Příloha 1 – Výkresová dokumentace